ICS 43.040.40
T 24

中华人民共和国国家标准

GB/T 36048—2018

乘用车 CAN 总线物理层技术要求

Passenger cars physical layer technical specification of CAN bus

2018-03-15 发布　　2018-10-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会　发布

前　言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准的主要内容是基于 ISO 11898-1、ISO 11898-2、ISO 11898-5 和 ISO 11898-6 系列标准的综合内容，结合国内的实际应用情况而编写的，其中物理层的一般要求与物理层信令技术要求参考 ISO 11898-1 编写；高速介质访问单元技术要求融合 ISO 11898-2 与 ISO 11898-5 编写；带低功耗模式的高速介质访问单元技术要求参考 ISO 11898-5 编写；带选择性唤醒功能的高速介质访问单元技术要求参考 ISO 11898-6 编写；总线失效管理技术要求参考 ISO 11898-2 编写。

本标准由中华人民共和国工业和信息化部提出。

本标准由全国汽车标准化技术委员会(SAC/TC 114)归口。

本标准起草单位：浙江吉利汽车研究院有限公司、中国汽车技术研究中心。

本标准主要起草人：蔡伟杰、周广法、吴含冰、孟娜、许秀香、崔强、唐风敏、时开斌、王亚东、熊想涛、王丽芳。

乘用车CAN总线物理层技术要求

1 范围

本标准规定了高速CAN总线物理层的术语和定义、物理层的一般要求、物理层信令、高速介质访问单元和总线失效管理的技术要求。

本标准适用于125 Kbit/s到1 Mbit/s通讯速率的高速CAN总线。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.1

控制器局域网络 controller area network;CAN

一种用于道路车辆的网络通信技术。

2.2

总线 bus

所有节点以双向传输的方式接入网络的网络通讯拓扑。

2.3

总线状态 bus state

两个相反的逻辑状态之一:显性或者隐性。

2.4

物理层 physical layer

实现CAN节点连接到总线上的电气回路(总线比较器和总线驱动器),它由模拟电路,数字电路以及CAN总线上的模拟信号与CAN节点内部数字信号接口电路三部分组成。

注:CAN总线上所允许连接的最大节点数取决于CAN总线的电气负载。

2.5

总线的物理介质 physical media (of the bus)

用于信号传输的一对屏蔽或非屏蔽双绞线。

2.6

位速率 bit rate

单位时间内传输的位的数量,与位的表示形式无关。

2.7

位时间 bit time

t_B

一个位的持续时间。

2.8

帧 frame

数据链路层协议数据单元,其指定传送序列中的位或位字段的排列和含义。

2.9

节点 node

连接在通讯网络上,能按照某一通讯协议通过网络进行通讯的设备的集合。

注:CAN节点就是通过CAN网络通讯的节点。

2.10

协议　protocol

节点之间信息交换的正式协定或规则，包括帧管理、帧传输和物理层的规范。

2.11

总线电压　bus voltage

V_{CAN_H}和V_{CAN_L}表示总线 CAN_H 和 CAN_L 对各自 CAN 节点地测得的电压。

2.12

总线共模电压范围　common mode bus voltage range

当连接到总线上的 CAN 节点达到最多数量时，能保证节点正常工作的V_{CAN_H}和V_{CAN_L}的电压范围。

2.13

节点内部差分电容　differential internal capacitance（of a CAN node）

C_{diff}

当 CAN 节点从总线上断开时，隐性状态下在 CAN_H 和 CAN_L 之间测得的电容。

2.14

节点内部差分电阻　differential internal resistance（of a CAN node）

R_{diff}

当 CAN 节点从总线上断开时，隐性状态下在 CAN_H 和 CAN_L 之间测得的电阻。

2.15

总线差分电压　differential voltage（of CAN bus）

V_{diff}

CAN 总线的差分电压：$V_{diff}=V_{CAN_H}-V_{CAN_L}$。

2.16

节点内部电容　internal capacitance（of a CAN node）

C_{in}

当 CAN 节点从总线上断开时，隐性状态下在 CAN_L（或 CAN_H）和地之间测得的电容。

2.17

节点内部延时　internal delay time（of a CAN node）

T_{node}

在发送或接收过程中发生的所有异步延时的总和，与各个 CAN 节点集成电路的位定时逻辑单元相关。

2.18

节点内部电阻　internal resistance（of a CAN node）

R_{in}

当 CAN 节点从总线上断开时，隐性状态下在 CAN_L（或 CAN_H）和地之间测得的电阻。

2.19

供电电压　Vcc

在正常工作模式下给总线发送器、接收器和可选的分离式终端提供的电压。

2.20

分离式终端电压　split termination voltage

V_{Split}

CAN 节点的分离式终端相对于模块信号地的输出电压。

2.21

传播时间　propagation time

t_{Prop}

从介质访问单元的一个发送数据输入沿到相应的接收数据输出沿的时间。

2.22

唤醒报文　wake-up frame

一种用于唤醒一个或多个 CAN 节点的 CAN 数据帧。

2.23

唤醒过滤时间　wake-up filter time

t_{wake}

在总线 CAN_H 和 CAN_L 上能迫使 CAN 节点唤醒的显性信号持续时间。

2.24

活动过滤时间　activity filter time

t_{Filter}

CAN_H 和 CAN_L 总线上显性和隐性电平持续的时间，用来监测 CAN 总线上的活动是否有效。

2.25

收发器　transceiver

将逻辑信号转化成物理层信号的部件，反之亦然。

3　物理层的一般要求

3.1　功能模型

物理层划分为三个部分，如图 1 所示：

a）　物理层信令：包含与位表示、定时和同步相关的功能。

b）　物理介质附件：包含总线发送/接收的功能电路和提供总线失效检测的方法。

c）　介质附属接口：包括物理介质和与介质访问单元之间的机械和电气接口。

介质访问单元是物理层的一部分功能，用来将节点连接到传输介质。介质访问单元由物理介质附件和介质附属接口两部分组成。

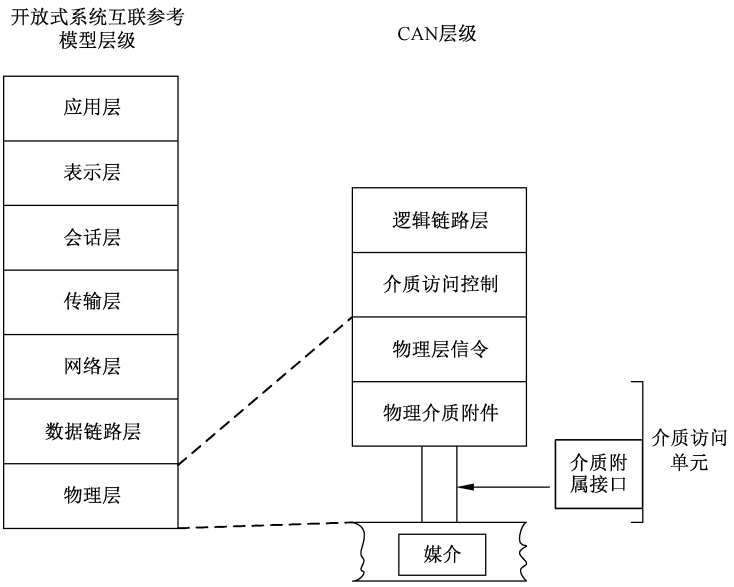


图 1　物理层功能模型

3.2 物理层信令与介质访问控制的接口

物理层应提供两个对等介质访问控制子层之间交换数据位的服务，包括物理层信令数据请求和物理层信令数据指示。

物理层信令数据请求服务由介质访问控制子层发到物理层，请求一个显性或隐性位的发送。

物理层信令数据指示服务由物理层发到介质访问控制子层，指示一个显性或者隐性位的到达。

3.3 物理层信令与物理介质附件的接口

3.3.1 物理层信令到物理介质附件的消息

当物理层信令收到来自物理介质附件的信号，物理层信令应向物理介质附件发送一个显性或隐性的输出消息。

当物理层信令收到总线关闭请求时，物理层信令应向物理介质附件发送总线关闭消息。

当物理层信令收到总线关闭释放请求时，物理层信令应向物理介质附件发送总线关闭释放消息。

3.3.2 物理介质附件到物理层信令的消息

当介质访问单元接收到来自介质的一个位，物理介质附件应向物理层信令发送一个输入消息。该输入消息向物理层信令表明一个显性或者隐性位的到达。

4 物理层信令

4.1 位编码和解码

4.1.1 位时间

在一个位时间内实现的总线管理功能包括 CAN 节点同步，网络传输延时补偿，采样点定位，都应按照可编程位定时逻辑执行，该逻辑由 CAN 集成电路给定。

标称位时间划分为 4 个互不重叠的时间段，如图 2 所示：

——同步段：用于同步总线上不同的节点，这个时间段内有一个跳变沿；

——传播时间段：用于补偿网络内的物理延时，这些延时包括总线上的信号传输时间和 CAN 节点内部延时；

——相位缓冲段 1，相位缓冲段 2：这两个相位缓冲段用于补偿跳变沿相位误差，可通过重同步加长或者缩短实现。



图 2 位时间划分

采样点是读取并解析总线上各位值的时间点，它位于相位缓冲段 1 末端。信息处理时间是以采样点开始，为计算下一个位电平所预留的时间段。

重同步的结果会引起相位缓冲段 1 加长或相位缓冲段 2 缩短。同步跳转宽度决定了相位缓冲段加

长或缩短的上限值。

CAN 节点内部延时 t_{node}，是在发送或接收过程中发生的所有异步延时的总和，与各个 CAN 节点集成电路的位定时逻辑单元相关，如图 3 所示。

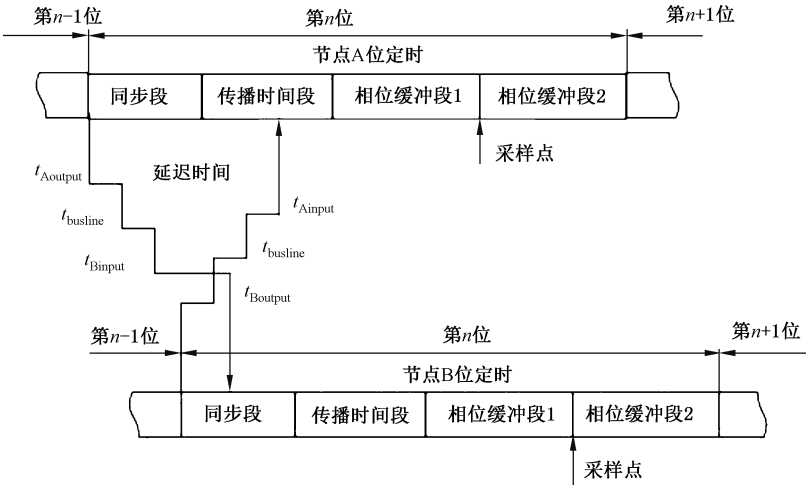


图 3　仲裁时 CAN 节点 A 和 B 位定时的时间关系和延时

CAN 节点输入输出延迟的总和与位定时逻辑密切相关，由式(1)计算得出：

$$t_{node} = t_{output} + t_{input} \quad \cdots\cdots(1)$$

式中：

t_{node} ——节点内部延时；

t_{output} ——节点输出延时；

t_{input} ——节点输入延时。

为实现正确的仲裁，需满足式(2)的条件：

$$t_{Prop_Seg} \geqslant t_{nodeA} + t_{nodeB} + 2t_{busline} \quad \cdots\cdots(2)$$

式中：

t_{Prop_Seg}——节点传播延时；

t_{nodeA} ——节点 A 内部延时；

t_{nodeB} ——节点 B 内部延时；

$t_{busline}$ ——节点总线延时。

4.1.2　位时间编程

位时间的编程取决于下列时间段参数。

a)　时间片

时间片是由晶振周期和可编程分频器确定的固定时间单元。该分频器的数值范围为 1～32 的整数。以最小时间片为单位，时间片的长度为：

时间片＝m×最小时间片，m 为分频器的数值

b)　时间段的标称长度(在非同步情况下)——同步段的长度为一个时间片。

——同步段的长度为一个时间片；

——信息处理时间小于或等于两个时间片；

——传播时间段的长度可编程为 1,2,3,…,8 或者更多时间片。它用于补偿实际网络中的延时，以最接近的整数时间片取整；

——相位缓冲段 1 的长度可编程为 1,2,3,…,8 或者更多时间片；

——相位缓冲段 2 取相位缓冲段 1 和消息处理时间的较大值；

——同步跳转宽度为可编程值,在 1 到相位缓冲段 1 和 4 的较小值之间取值。

一个位时间的时间片总数可在 8～25 之间编程设定。

为了提供一个系统范围内特定的时间片,不同节点的晶振频率需要互相协调。CAN 集成电路可接受的晶振频率允差和潜在的误同步由相位缓冲段 1 和相位缓冲段 2 共同决定。

4.2 同步

4.2.1 概述

同步有硬同步和重同步两种形式。它们应遵循以下规则：

a) 一个位时间内只允许一次同步(在两个采样点之间)。

b) 仅当检测到之前采样点的总线状态不同于采样点边沿后的总线状态时,才把隐性到显性跳变沿用于同步。

c) 当在帧间隔出现隐性到显性的跳变沿时应执行硬同步(除了第一个位间歇)。

d) 满足规则 a) 和规则 b)的所有其他的隐性到显性跳变沿应用于重同步。下述情况除外,当隐性到显性跳变沿具有正的相位误差时,发送显性位的节点不执行重同步。

4.2.2 同步沿的相位误差

同步沿的相位误差 e 与同步段相关,以时间片为单位测量。相位误差的符号定义如下：

a) 当跳变沿落在同步段内,$e = 0$；

b) 当跳变沿落在采样点之前,$e > 0$；

c) 当跳变沿落在采样点之后，$e < 0$。

4.2.3 硬同步

硬同步后,位定时逻辑单元将位时间从同步段开始重启。因此,硬同步将迫使引起硬同步的跳变沿处于开始重启的位时间同步段之内。

4.2.4 重同步

当引起重同步的跳变沿相位误差幅值小于或等于重同步跳转宽度的设定值时,重同步应加长或缩短位时间以确保采样点位置的正确。当相位误差的幅值大于重同步跳转宽度时：

——如果相位误差 e 为正,则相位缓冲段 1 增加与重同步跳转宽度相等的值；

——如果相位误差 e 为负,则相位缓冲段 2 缩短与重同步跳转宽度相等的值。

如果相位缓冲段 2 缩短至小于信息处理时间,后续位电平的计算可以在相位缓冲段 2 之后完成。

4.2.5 晶振频率的允差

晶振频率 f_{osc} 与晶振标称频率 f_{nom} 的允差取决于相位缓冲段 1、相位缓冲段 2、重同步跳转宽度和位时间。晶振频率 f_{osc} 应满足式(3)：

$$(1-df)\cdot f_{nom} \leqslant f_{osc} \leqslant (1+df)\cdot f_{nom} \qquad \cdots\cdots(3)$$

式中：

f_{osc} ——晶振频率；

f_{nom} ——晶振标称频率；

df ——f_{osc} 的最大允差。

晶振频率 f_{osc} 的最大允差 df 应同时满足式(4)和式(5)：

$$df \leqslant \frac{t_{(phase_seg1,phase_seg2)min}}{2\times(13\times t_{bit}-t_{phase_seg2})} \quad \cdots\cdots(4)$$

$$df \leqslant \frac{t_{SJW}}{20\times t_{bit}} \quad \cdots\cdots(5)$$

式中：

df ——f_{osc} 的最大允差；

$t_{(Phase_Seg1,Phase_Seg2)min}$ ——相位缓冲段 1 和相位缓冲段 2 两者较短的时间；

t_{Phase_Seg2} ——相位缓冲段 2 的时间；

t_{bit} ——位时间；

t_{SJW} ——同步跳转宽度的时间。

两个晶振频率之间最大的差值为：

$$f_{dif}=2\times df\times f_{nom} \quad \cdots\cdots(6)$$

式中：

f_{dif} ——两个晶振频率之间最大的差值；

df ——f_{osc} 的最大允差；

f_{nom} ——晶振标称频率。

5 高速介质访问单元

5.1 功能描述

5.1.1 物理介质附件

5.1.1.1 概述

如图 4 所示，总线终端包括终端 A 和终端 B，用于抑制信号反射。

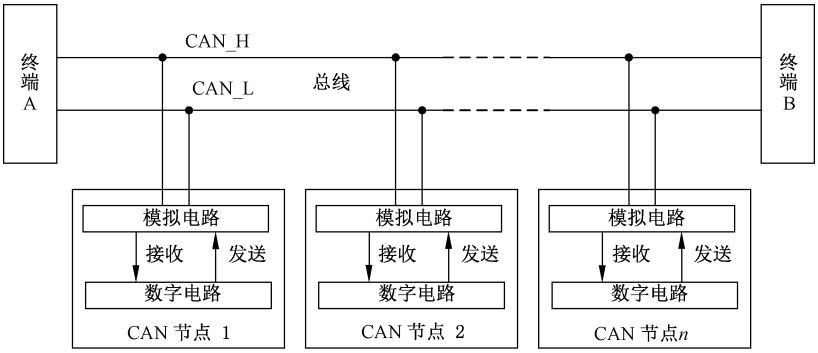


图 4 推荐的电气连接

当所有 CAN 节点的总线驱动关闭，总线应处于隐性状态。这种情况下，中值电压由终端电阻和各 CAN 节点接收电路的内部高电阻产生。

当至少一个节点的总线驱动开启，则有一个显性位发送到总线。这会引起电流通过终端电阻，从而在总线的双线之间产生差分电压。

通过将总线差分电压转换为接收电路比较器输入所对应的隐性电平和显性电平，来检测显性和隐性状态。

5.1.1.2 总线电平

总线电平有两种逻辑状态：隐性或显性，如图 5 所示。

隐性状态下，V_{CAN_H} 和 V_{CAN_L} 均设置为中值电压，此电压由总线终端确定。V_{diff} 小于最大阈值。总线空闲或发送隐性位时，总线为隐性状态。

V_{diff} 大于最小阈值时，总线为显性状态。显性状态覆盖隐性状态，并在显性位期间进行发送。

仲裁期间，各 CAN 节点可同时发送显性位。这种情况下的 V_{diff} 大于由一个 CAN 节点驱动的 V_{diff}。

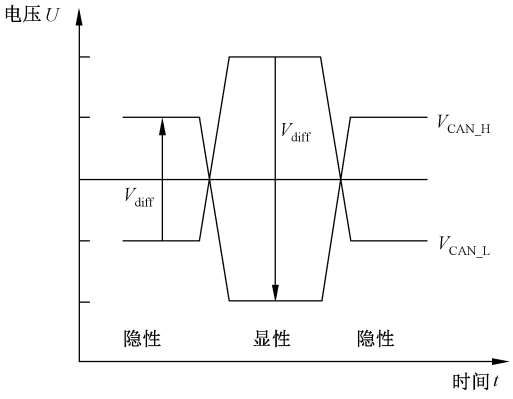


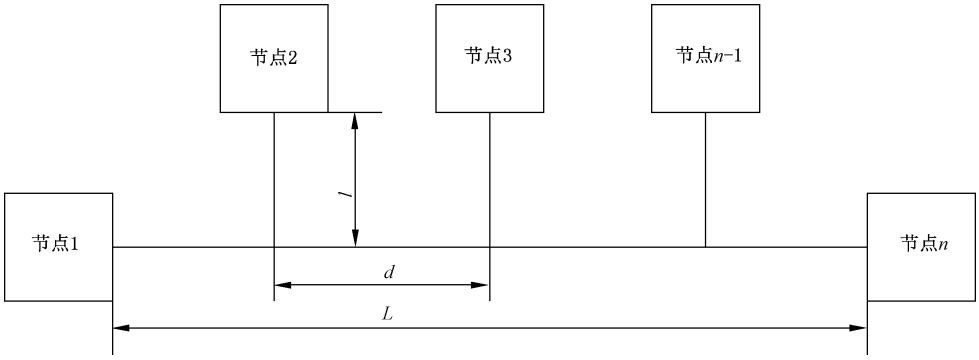
图 5 物理电平状态表示

5.1.2 介质附属接口

将 CAN 节点连接到总线上的连接器，应满足电气技术要求。

5.1.3 物理介质

为了避免线束反射波的影响，CAN 网络的拓扑应当尽可能接近于单线结构，如图 6 所示。



说明：

L ——总线长度；

l ——支线长度；

d ——节点间距。

图 6 网络拓扑

5.2 电气技术要求

5.2.1 概述

下列电气技术要求适用于双绞差分总线。终端电阻的值在表 9 中定义。

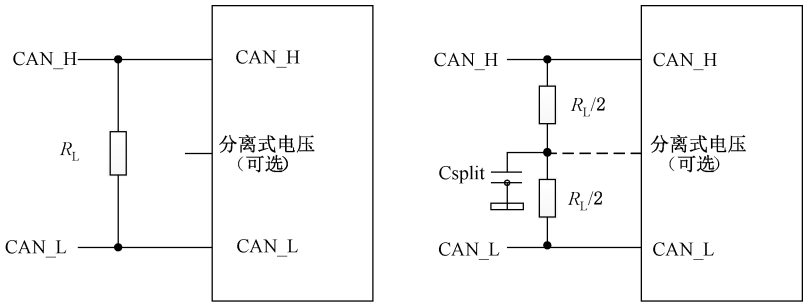


图 7 终端类型（单电阻终端和分离式终端）

高速介质访问单元定义了两种不同的终端模型，如图 7 所示：

——CAN_H 和 CAN_L 之间的单电阻终端；

——分离式终端将单个电阻划分为两个相同值的串行连接的电阻，中间连接一个对地电容和一个可选的专用分离式电压。

5.2.2 物理介质附件

在每个 CAN 节点在工作条件内都应满足表 1～表 5 中规定的参数。

表 1 隐性状态时总线电压参数

参数	符号	单位	值			条件
			最小	标称	最大	
总线共模电压	V_{CAN_H}	V	—	2.5	12.0	每个 CAN 节点相对于地测得
	V_{CAN_L}	V	−12.0	2.5	—	
总线差分电压[a]	V_{diff}	mV	−120	0	12	在与总线相连的 CAN 节点处测得
[a] 总线差分电压由隐性状态下所有的 CAN 节点的输出特性共同确定，因此 V_{diff} 接近于 0，见表 4。						

表 2 显性状态时总线电压参数

参数	符号	单位	值			条件
			最小	标称	最大	
总线共模电压[a]	V_{CAN_H}	V	—	3.5	12.0	每个 CAN 节点相对于地测得
	V_{CAN_L}	V	−12.0	1.5	—	
总线差分电压[b]	V_{diff}	V	1.2	2.0	3.0	在与总线相连的 CAN 节点处测得
[a] V_{CAN_H} 的最小值等于 V_{CAN_L} 的最小值加上 V_{diff} 的最小，V_{CAN_L} 的最大值等于 V_{CAN_H} 的最大值减去 V_{diff} 的最小。 [b] 总线负载随着接入网络的 CAN 节点增加而增加，R_{diff} 增加，导致 V_{diff} 减小。V_{diff} 的最小值由总线允许连接的最大 CAN 节点数确定。V_{diff} 的最大值由仲裁期间 CAN 节点数的上限决定。						

表 3　CAN 节点 V_{CAN_H} 和 V_{CAN_L} 的标称值

标称电池电压 V	符号	电压值 V[a]	
		最小	最大
14	V_{CAN_H}	−27.0	+40.0
	V_{CAN_L}	−27.0	+40.0
28	V_{CAN_H}	−58.0	+58.0
	V_{CAN_L}	−58.0	+58.0
42	V_{CAN_H}	−58.0	+58.0
	V_{CAN_L}	−58.0	+58.0
[a] 确保不能损坏总线驱动电路。			

表 4　CAN 节点的隐性输出直流参数

参数	符号	单位	值			条件
			最小	标称	最大	
总线输出电压	V_{CAN_H}	V	2.0	2.5	3.0	无负载
	V_{CAN_L}	V	2.0	2.5	3.0	
总线差分输出电压	V_{diff}	mV	−500	0	50	无负载
内部差分电阻	R_{diff}	kΩ	10	—	100	无负载[a]
内部电阻[b]	R_{in}	kΩ	5	—	50	
输入差分电压[c]	V_{diff}	V	−1.0	—	0.5	[d]
[a] 负载连接在 CAN_H 和 CAN_L 之间。对于内部没有集成终端电阻的 CAN 节点(正常应用时),这个电阻是 $R_L/2$;对于内部集成终端电阻的 CAN 节点电阻为 R_L。 [b] CAN_H 和 CAN_L 的 R_{in} 的偏差不超过 3%。 [c] 接收显性位和隐性位的阈值要承受分别为 0.3 V 和 0.5 V 的传导抗扰度。 [d] 接收隐性位的阈值。						

表 5　CAN 节点的显性输出直流参数

参数	符号	单位	值			条件
			最小	标称	最大	
输出电压	V_{CAN_H}	V	2.75	3.5	4.5	负载 $R_L/2$[a]
	V_{CAN_L}	V	0.5	1.5	2.25	
输出差分电压	V_{diff}	V	1.5	2.0	3.0	负载 $R_L/2$[a]
输入差分电压[b]	V_{diff}	V	0.9	—	5.0	负载 $R_L/2$[a,c]
[a] 负载连接在 CAN_H 和 CAN_L 之间。对于内部没有集成终端电阻的 CAN 节点(正常应用时),这个电阻是 $R_L/2$;对于内部集成终端电阻的 CAN 节点电阻为 R_L。 [b] 接收显性位和隐性位的阈值要承受分别为 0.3 V 和 0.5 V 的传导抗扰度。 [c] 接收隐性位的阈值。						

5.2.3 CAN 节点

5.2.3.1 概述

在 CAN 节点与总线断开时，在各个 CAN 节点的 CAN_H 和 CAN_L 引脚处测得的参数应符合表 3 中的规定。

在各个 CAN 节点的 CAN_H 和 CAN_L 引脚处测得的参数应符合表 4 和表 5 中的规定。

5.2.3.2 CAN 节点交流参数

在 CAN 节点与总线断开时，在各个 CAN 节点的 CAN_H 和 CAN_L 引脚处测得的交流参数应符合表 6 中的规定。

表 6 与总线断开的 CAN 节点的交流参数

参数	符号	单位	值			条件
			最小	标称	最大	
位时间	t_B	μs	1	—	—	[a]
内部电容	C_{in}	pF	—	20	—	[c]
内部差分电容[b]	C_{diff}	pF	—	10	—	1 Mbit/s

[a] 最小位时间对应的最大位速率为 1 Mbit/s。

[b] 除了内部电容限制外，总线连接的电感也要尽可能的小。C_{in} 和 C_{diff} 的最小值可为 0。电容的最大值由位时间和网络拓扑参数 L 和 d 决定，详见表 10。当 CAN 节点产生的线束反射波没有使显性差分电平低于 $V_{diff}=0.9$ V，且没有使隐性差分电压高于 $V_{diff}=0.5$ V(见表 4 和表 5)，才可确保实现正常的功能。

[c] CAN_H 和 CAN_L 相对于高频地是为 1 Mbit/s。

5.2.4 介质附属接口和连接器

将 CAN 节点连接到总线上的连接器，其参数见表 7。

表 7 连接器参数

参数	符号	单位	最小值	标称值	最大值	条件
电压	U	V	—	—	40	标称 $V_{BAT}=14$ V
	U	V	—	—	58	标称 $V_{BAT}=28$ V
	U	V	—	—	58	标称 $V_{BAT}=42$ V
电流	I	mA	0	25	80	
峰值电流[a]	I_P	mA	—	—	500	
传输频率	f	MHz	25	—	—	
接触电阻[b]	R_T	mΩ	—	70	—	

[a] 限定时间：$101t_B$。

[b] CAN 接收节点的总线差分电压取决于接收节点和发送节点之间的线束电阻。因此，信号线的传输电阻受到各节点的总线电平参数限制。

5.2.5 物理介质

5.2.5.1 概述

总线线束的技术要求，见表 8。

表 8 双绞线物理参数

参数	符号	单位	值			条件
			最小	标称	最大	
阻抗	Z	Ω	95	120	140	在两根信号线之间测得
单位长度电阻	R	mΩ/m	—	70	—	[a]
单位线延时	t_{DELAY}	ns/m	—	5	—	[b]
每米双绞数量	$RATE_{TWIST}$	Twists/meter	33	—	50	
[a] CAN 接收节点的总线差分电压取决于接收节点和发送节点之间的线束电阻。因此，信号线的传输电阻受到各节点的总线电平参数限制。 [b] 总线上两点之间的最小延时可为 0。最大值由位时间和收发电路的延时决定。						

5.2.5.2 终端电阻

终端 A 和终端 B(见图 4 和图 7)所用的终端电阻 R_L 应符合表 9 的规定。

表 9 终端电阻

符号	单位	值			备注
		最小	标称	最大	
R_L[a]	Ω	100	120	130	最小耗散功率 220 m·W
[a] a 受到拓扑结构、位速率和斜率的影响，终端电阻可偏离 120 Ω。					

对于分离式终端的情况，R_L 分为两个电阻，两个电阻的允差应在±1%以内。

5.2.5.3 拓扑结构

网络拓扑参数见表 10。

表 10 网络拓扑参数

参数	符号	单位	值		条件
			最小	最大	
总线长度	L	m	—	40	位率：1 Mbit/s[a]
支线长度	l	m	—	0.3	
节点间距	d	m	0	40	
[a] 当位速率小于 1 Mbit/s 时，总线长度可相应增加。由于各 CAN 节点的支线长度、位速率和内部电容的不同，其他长度的 l 和 d 在不同的网络拓扑中也有应用。特别当 d 等于 0 的时候，该网络拓扑为星形结构。在这种情况下，应通过测量个 CAN 节点输入差分电压，检查线束谐振波对位编码的影响。					

5.2.5.4 可选电容

当采用分离式终端时，可选电容应连接到地和终端中心点，如图 7 所示。参数见表 11。

表 11 可选电容参数

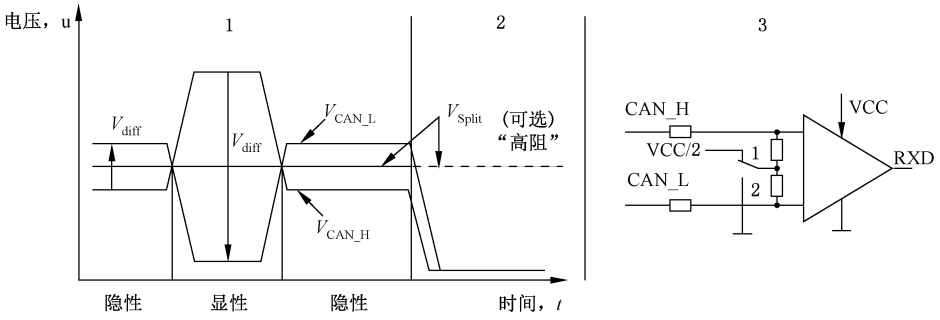
参数	符号	单位	值			条件
			最小	标称	最大	
可选电容	C_{Splid}	nF	1	4.7	100	最小电压＞58 V

6 带低功耗模式的高速介质访问单元

6.1 功能描述

6.1.1 正常工作模式下的总线电平

总线电平有两种逻辑状态：隐性或显性，如图 9 所示。



说明：

1——正常工作模式；

2——低功耗模式；

3——简化的收发器偏置装置。

图 8 物理位表示和简化的偏置装置

正常工作模式下的总线电平，见 5.1.1.2。

6.1.2 低功耗模式下的总线电平

在低功耗模式下，总线驱动处于关闭状态，不能驱动总线的差分电平。与正常工作模式特性相比，通过接收器的高输入内部电阻 R_{in}，将总线电平拉到模块的信号地。

当正常总线通信时偏置电压为 VCC/2，当低功耗模式时偏置电压为地电平。

6.1.3 退出低功耗模式的唤醒

当处于低功耗模式时，物理层应监测 CAN 总线的 CAN_H 和 CAN_L 用于唤醒。当总线出现一个或多个连续的至少持续 t_{wake} 时间的显性总线电平，且通过一个隐性总线电平相隔开时，将执行总线唤醒。

6.1.4 断电节点的系统

为了不影响 CAN 通信系统，对于主动关闭的断电节点（例如，点火钥匙控制模块），当其他节点保持正常通信时，断电节点尽量不影响总线电平。收发器应产生最低的漏电流到仍在通信的总线上。

基于应用的目标，持续供电的节点应允许表 13 中定义的最大漏电流参数，暂时不供电节点应尽量降低漏电流。

6.2 电气技术要求

6.2.1 物理介质附件

在每个 CAN 节点的工作条件内都应满足表 12～表 15 中规定的参数。

表 12 低功耗模式时总线电压参数

参数	符号	单位	值			条件
			最小	标称	最大	
总线共模电压	V_{CAN_H}	V	—	0	12.0	在每个 CAN 节点接地处测量
	V_{CAN_L}	V	−12.0	0	—	
总线差分电压[a]	V_{diff}	mV	−120	0	12	在每个连接到总线上的 CAN 节点处测量
[a] 总线差分电压由隐性状态下所有的 CAN 节点的输出特性共同确定，因此 V_{diff} 接近于 0，见表 17。						

表 13 总线输入漏电流

参数	符号	单位	值			条件
			最小	标称	最大	
输入漏电流	I_{CAN_H}	μA	0	—	250[a]	U_{BUS}=5 V，U_{Supply}=0 V
	I_{CAN_L}	μA	0	—	250[a]	
[a] 在断电的情况下，当同一网络中的其他设备继续保持通信时，断电设备的最大漏电流应尽量低，见 6.1.4，推荐的漏电流值为小于 25 μA。						

表 14 正常工作模式下驱动器对称性

参数	符号	单位	值			条件
			最小	标称	最大	
驱动器对称性 $V_{CAN_H}+V_{CAN_L}$	V_{SYM}	V	0.9VCC	1.0VCC	1.1VCC	R_L=120 Ω，允差在 1%以内； C_{Split}=4.7 nF，允差在 5%以内； f_{TXD}=250 kHz； 示波器输入阻抗，≤20 pF/≥1 MΩ

表 15　可选的分离式输出电压

参数	符号	单位	值			条件
			最小	标称	最大	
正常工作模式带负载条件下，分离式输出电压	V_{Split_l}	V	0.3VCC	0.5VCC	0.7VCC	$-500\ \mu A < I_{Split} < +500\ \mu A$
正常工作模式不带负载条件下，分离式输出电压	V_{Split_u}	V	0.45VCC	0.5VCC	0.55VCC	$R_{Measure} \geqslant 1\ M\Omega$
低功耗模式，分离式漏电流	I_{Split}	μA	—	0	5	$-12\ V < U_{Split} < +12\ V$

6.2.2　CAN 节点

6.2.2.1　概述

在 CAN 节点与总线断开时，在各个 CAN 节点的 CAN_H 和 CAN_L 引脚处测得的参数应符合表 3 中的规定，可选的分离式电压的参数应符合表 16 中的规定。

表 16　CAN 节点可选 V_{split}

标称电池电压 V	符号	电压值[a] V	
		最小	最大
14	V_{Split}	−27.0	+40.0
28	V_{Split}	−58.0	+58.0
42	V_{Split}	−58.0	+58.0
[a] 确保不能损坏总线驱动电路。			

在各个 CAN 节点的 CAN_H 和 CAN_L 引脚处测得的参数应符合表 17～表 19 中的规定。

表 17　CAN 节点的隐性状态直流参数

参数	符号	单位	值			条件
			最小	标称	最大	
正常工作模式下，总线输出电压	V_{CAN_H}	V	2.0	2.5	3.0	无负载[a]
	V_{CAN_L}	V	2.0	2.5	3.0	
低功耗模式下，总线输出电压	V_{CAN_H}	V	−0.1	0	0.1	无负载
	V_{CAN_L}	V	−0.1	0	0.1	
总线输出差分电压	V_{diff}	mV	−500	0	50	无负载
正常工作模式下，差分输入电压[b]	V_{diff_N}	V	−1.0	—	0.5	[c]
低功耗模式下，差分输入电压	V_{diff_LP}	V	−1.0	—	0.4	[c]
[a] 由于 EMC 要求，CAN_H 和 CAN_L 应满足的匹配关系，见表 14。 [b] 接收显性位和隐性位的阈值要承受分别为 0.3 V 和 0.5 V 的传导抗扰度。 [c] 接收隐性位的范围。						

表 18　CAN 节点的总线输入电阻

参数	符号	单位	值			条件
			最小	标称	最大	
内部差分电阻	R_{diff}	kΩ	10	—	100	正常工作模式和低功耗模式，无负载[a]
内部电阻[b]	R_{in}	kΩ	5	—	50	正常工作模式和低功耗模式
[a] 对于内部集成终端电阻的 CAN 节点电阻为 R_L。 [b] CAN_H 和 CAN_L 的 R_{in} 的偏差不超过 3%。						

表 19　CAN 节点的显性状态直流参数

参数	符号	单位	值			条件[a]
			最小	标称	最大	
输出电压[b]	V_{CAN_H}	V	2.75	3.5	4.5	负载 $R_L/2$
	V_{CAN_L}	V	0.5	1.5	2.25	
差分输出电压	V_{diff}	V	1.5	2.0	3.0	负载 $R_L/2$
正常工作模式下，差分输入电压[c]	V_{diff}	V	0.9	—	5.0	负载 $R_L/2$
低功耗模式下，差分输入电压	V_{diff}	V	1.15	—	5.0	负载 $R_L/2$
[a] 负载连接在 CAN_H 和 CAN_L 之间。对于内部没有集成终端电阻的 CAN 节点（正常应用时），这个电阻是 $R_L/2$；对于内部集成终端电阻的 CAN 节点电阻为 R_L。 [b] 由于 EMC 要求，CAN_H 和 CAN_L 应满足的匹配关系，见表 14。 [c] 接收显性位和隐性位的阈值要承受分别为 0.3 V 和 0.5 V 的传导抗扰度。						

6.2.2.2　交流参数

表 20　与总线断开的 CAN 节点的交流参数

参数	符号	单位	值			条件
			最小	标称	最大	
位时间	t_B	μ	1	—	—	[a]
传播时间[b]	t_{Prop}	ns	—	—	255	正常工作模式，负载 $R_L=120\ \Omega$，$C_L=100$ PF $C_{RXD}=15$PF，$F_{TXD}=250$ KHZ
显性总线下，唤醒滤波时间	t_{wake}	μ	0.5	—	5[c]	低功耗模式，负载 $R_L=120\ \Omega$，共模电压 U 见表 12
内部电容	C_{in}	pF	—	20	—	1 Mbit/s[d]

表 20（续）

参数	符号	单位	值			条件
			最小	标称	最大	
内部差分电容	C_{diff}[e]	pF	—	10	—	1 Mbit/s

[a] 最小位时间对应的最大位速率为 1 Mbit/s。

[b] 当存在发送端/接收端读取接口时，此参数可直接测量。在集成 CAN 节点中，此参数应间接测量。

[c] 最大的滤波时间将会影响唤醒报文长度，特别是在高波特率情况下。

[d] CAN_H 和 CAN_L 对地测得。

[e] 除了内部电容限制外，总线连接的电感也要尽可能的小。C_{in} 和 C_{diff} 的最小值可为 0。电容的最大值由位时间和网络拓扑参数 L 和 d 决定，详见表 10。当 CAN 节点产生的线束反射波没有使显性差分电平低于 $V_{diff}=0.9$ V，且没有使隐性差分电压高于 $V_{diff}=0.5$ V（见表 17 和表 19），才可确保实现正常的功能。

6.2.3 介质附属接口和连接器技术要求

将 CAN 节点连接总线上的节点的连接器，其参数同表 7。

6.2.4 物理介质

物理介质附件的技术要求，同 5.2.5。

7 选择性唤醒功能高速介质访问单元

7.1 电气技术要求

7.1.1 物理介质附件

物理介质附件的技术要求，同 5.2.2 和 6.2.1。

7.1.2 CAN 收发器

7.1.2.1 概述

收发器断电时的输入漏电流的参数应符合表 21 中的规定。

表 21 断电时收发器输入漏电流

参数	名称	单位	值		条件
			最小	最大	
输入端漏电流	I_{CAN_H}	μA	−10	+10	$U_{BUS}=5$ V，$U_{Supply}=0$ V
	I_{CAN_L}	μA	−10	+10	

7.1.2.2 收发器输入和输出电平

在各个 CAN 节点的 CAN_H 和 CAN_L 引脚处测得的参数应符合表 22 中的规定。

与收发器相关的其他输入和输出电平参数见 5.2.2 和 6.2.1 的规定。

表 22　隐性状态时收发器直流参数

参数	名称	单位	值		条件
			最小	最大	
正常工作模式下，输入差分电压[a]	V_{diff_N}	V	—	0.5	[b]
低功耗模式下，输入差分电压	V_{diff_LP}	V	—	0.4	[b]
[a] 接收显性位和隐性位的阈值要承受分别为 0.3 V 和 0.5 V 的传导抗扰度。 [b] 接收隐性位的阈值。					

7.1.2.3　交流参数

在各个 CAN 节点的 CAN_H 和 CAN_L 引脚处测得的参数应符合表 23 中的规定。

表 23　收发器交流参数

参数	名称	单位	值			条件
			最小	标称	最大	
位时间	t_B	见表 20				
传播时间	t_{Prop}					
CAN 活动过滤时间	t_{Filter}	μs	0.5	—	5[a]	低功耗模式，$R_L=60\ \Omega$，共模电压见表 13(最小和最大总线共模电压)。根据表 13，确保差分显性电压以及可变脉冲长度来 $t_{Pulse}=t_{Filter}(min)\cdots t_{Filter}(max)$
偏置时间	t_{Bias}	μs	—	—	200	负载 $R_L=60\ \Omega$；$C_L=100$ pF；$C_{GND}=100$ pF
唤醒超时	t_{Wake}	ms	0.5	—	10	此参数可选
总线非活动状态超时	$t_{Silence}$	s	0.6	—	1.2	
内部电容	C_{in}	见表 20				
差分内部电容	C_{diff}					
[a] 最大的滤波时间将会影响唤醒报文长度，特别是在高波特率情况下。						

8　总线失效管理

在正常工作时，有以下几种总线失效会影响总线正常工作。导致的网络失效行为，见表 24。总线的断路和短路故障，如图 9 所示。

表 24　总线失效检测

总线失效描述	网络行为[a]	质量技术要求[b]
一个节点与总线断开	剩余节点继续通讯	推荐
一个节点掉电	剩余节点继续通讯,但信噪比降低	推荐
一个节点地线断开	剩余节点继续通讯,但信噪比降低	推荐
节点屏蔽地断开[c]	所有节点继续通讯	推荐
开路和短路故障[d]	剩余节点继续通讯,但信噪比降低	推荐
1 CAN_H 断路		
2 CAN_L 断路		
3 CAN_H 对电源短路		
4 CAN_L 对地短路		
5 CAN_H 对地短路		
6 CAN_L 对电源短路		
7 CAN_L 对 CAN_H 短路		可选
8 CAN_L 和 CAN_H 在同一位置断路		推荐
9 丢失一个终端网络		推荐

[a] 图 9 的示例不包括容错模式。

[b] 当发生失效时,网络应按照第二列所描述的运行。

[c] 只有使用屏蔽线束时考虑。

[d] 编号 1～9 对应于图 9 中示例 1～示例 9。

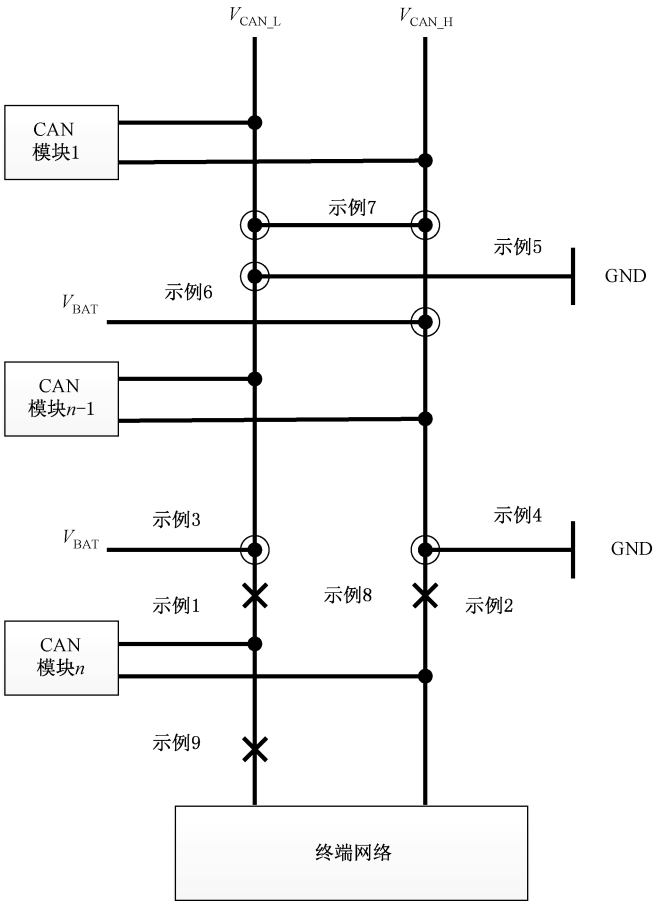


图 9　CAN 总线失效示例